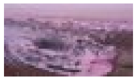
الخصائص الكيميائية والفيزيائية للحراريات وعلاقتها بظروف الخدمة



ساهم بشكل رئيسي في تحرير هذا المقال

بينت مقالات بنية الحراريات وخصائص الحراريات أن هناك طائفة واسعة من الحراريات، من ناحية المواد الخام والتركيب العام وطريقة الصنع، والحاجة إلى الحراريات متنوعة كذلك. إن تحليل ظروف الخدمة في صناعة الحديد والصلب يدل في العموم على أن الحراريات مطلوبة لمقاومة ما يأتى:

- مدى واسع من درجات الحرارة، تصل إلى 2200 ْم.
- التغيرات المفاجئة في درجات الحرارة ؛ إجهادات الشد العالية المصاحبة لهذه التغيرات السريعة في درجات الحرارة السريع تسبب صدمة حرارية تؤدى إلى التَشَرُّخ أو الكسر.
- مستويات منخفضة من إجهادات الضغط في درجات الحرارة العالية والمنخفضة على حد سواء.
- قوى حك (كشط) في درجات الحرارة العالية والمنخفضة على حد سواء.
- فعل التآكل الذى يُحدثة الخبث، والذى يتراوح ما بين الطابع الحمضى إلى القاعدى.
- فعل الفلزات المنصهرة، وهو مؤثر دائماً في درجات الحرارة العالية وقادر على ممارسة ضغوط وقوى طفو كبيرة.
- فعل الغازات، بما في ذلك CO_2وSO_2 وCl وCH_4 وH_2O، والأكاسيد المتطايرة وأملاح الفلزات، فكلها قادرة على اختراق الحراريات والتفاعل معها.

وبتعرض الحراريات لواحد أو أكثر من الظروف المذكورة سابقا، فهى عادة ما تعمل بمثابة عوازل فعالة للغاية، أو قد تكون هناك حاجة أيضا إلى أن تكون موصلة أو ماصة للحرارة اعتمادا على تطبيقها. كما يجب أن تؤدى الحراريات وظيفتها دون تعريض العمال لبيئات أو لظروف غير آمنة أو غير صحية في جميع الأوقات.

وبما أن أى بيئة خدمة معينة عادة ما تنطوى على أكثر من واحدة من العوامل المذكورة أعلاه، فإن تحديد عمر المادة الحرارية مسبقاً هى عملية معقدة تشمل معلومات عن الخصائص الفيزيائية والحرارية على النحو الذى تحدده الاختبارات المعملية، وتحليل تأثير ظروف بيئة الخدمة أو العملية على المادة الحرارية، ومعرفة التفاعلات الأساسية بين الحراريات والملوثات المختلفة التى تواجهها في الخدمة. سيتم في هذا الباب وصف الخصائص الفيزيائية والكيميائية للحراريات كما تم قياسها في مجموعة متنوعة من الاختبارات المعملية، نسوقها هنا كدليل عام لفهم الطبيعة المعقدة لهذه المواد في ما يتعلق ببيئات خدمتها.

فهرست

[إخفاء]

التركيب الكيميائى

كما هو موضح في القسم المتعلق بتصنيف الحراريات، تختلف المواد الخام المستخدمة في صناعة الحراريات بشكل ملحوظ، وينتج عن ذلك مواد ذات مدى واسع من التركيبات. ولا بد من التأكيد هنا على

أن هذه حراريات لم تتغير قبل الاستخدام، ولم يطرأ عليها أى تغيير كيميائى أثناء الخدمة. الحراريات لديها قدرة فريدة على تحمل التغيير الحاصل من الاختراق والتلوث و/أو التفاعل أثناء الخدمة، وما زالت تعمل بكفاءة كمواد هندسية يُتَّكل عليها. سنتناول فيما بعد التفاعلات التى تحدث بين الحراريات والبيئات المحيطة بها. وكقاعدة عامة، فالاتجاهات الحديثة في تطوير الحراريات تتطلب مواد تحتوى على الحد الأدنى من الشوائب، وهذه الشوائب تُخَفَّض عمداً أثناء تجهيز المواد الخام والمنتجات الحرارية.

يوضح جدول 1 وصف المكونات غير المرغوبة (الموجودة أصلاً أو الحاصلة من التلوث) في عدة أنواع من الحراريات. وتجدر الإشارة إلى أن العديد من الشوائب الأخرى (مثل PbO وZnO وB2O3 وغيرها) الغير مرغوبة في جميع الحراريات بسبب نقاط انصهارها المنخفضة لم نتناولها هنا بالدراسة. أما أهمية التركيب (الكيميائى) فستوصف في موضع أخر، حيث سيتم استخدام منحنيات الأطوار للإشارة إلى التفاعلات الحاصلة في الحراريات وبيئتها في درجات الحرارة المرتفعة.

جدول 1 المكونات غير المرغوبة في الحراريات.

المادة الحرارية	الشوائب غير المرغوبة
السليكا	ألومينا (Al_2O_3)، القلويات ($LiO_2 + K_2O + Na_2O$)، تيتانيا (TiO_2)
الطين الحراري – كافة الأنواع	القلويات ($LiO_2 + K_2O + Na_2O$)، أكسيد الحديد (Fe_2O_3)، جير (CaO)، مغنسيا (MgO)
العالية الألومينا	سليكا (SiO_2)، أكسيد الحديد (Fe_2O_3)، جير (CaO)، مغنسيا (MgO)
المغنسيا-كروم – كافة الأنواع	سليكا (SiO_2)، أكسيد الحديد (Fe_2O_3)
المغنسيا – كافة الأنواع	سليكا (SiO_2)، ألومينا (Al_2O_3)، أكسيد الحديد (Fe_2O_3)
الكربون	القلويات ($LiO_2 + K_2O + Na_2O$)، أكسيد الحديد (Fe_2O_3)

جدول 1 المكونات غير المرغوبة في الحراريات.

الكثافة والمسامية

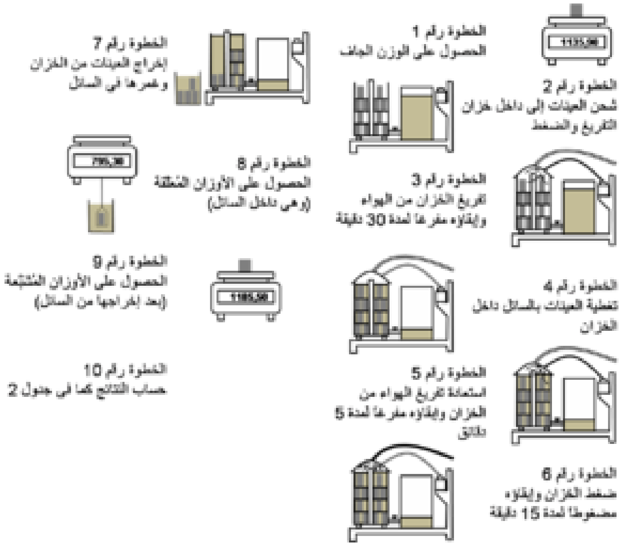
كثافة الحراريات ومساميتها من بين أهم خصائص الحراريات التى يساء فهمها ولكنها مفيدة. لا بد أن نُقَدِّر أن معظم الحراريات ليست كثيفة تماماً، ولكنها تحتوى عمداً على مسام مفتوحة ومغلقة. فالمواد الحراية التامة الكثافة التى بطبيعتها منخفضة مقاومة الشد لا تستطيع أن تقاوم تدرجات درجة الحرارة في الخدمة العادية في درجات الحرارة الثابتة (على سبيل المثال عبر جدار من الفرن، أو أنبوب داخلة من الصلب وخارجه ظروف جوية عادية). تصنع المواد الحرارية عادة ببنيات غير متجانسة لتعزيز مقاومة التصدع الحرارى. ويقاس حجم المسام بغمر عينة من المادة الحرارية في سائل أو في فراغ. ويستند قياس الحجم الإجمالى إلى مبدأ أرشميدس، الذى ينص على أن الجسم المغمور في مائع سوف يزن أقل من وزنه الفعلى بمقدار مساوى لوزن المائع المزاح. وبمعرفة الفارق في الوزن وكثافة المائع، يُحسب حجم الجسم المغمور بسهولة، ويقاس حجم المسام المفتوحة بمقدار السائل الذى تمتصه العينة.

يوضح شكل 1 الفرق بين المسامية الظاهرية والحقيقية، ونوضح فيما يلى الخطوات المتبعة في تحديد هذه الخصائص باستخدام أسلوب التفريغ والضغط. فهذه القياسات البسيطة مفيدة إلى حد ما في المقارنة بين الحراريات، ول كنها أكثر فائدة لقياسات مراقبة الجودة لتحديد مدى توافق عملية التصنيع مع مواصفات المواد الحرارية. يُعَيَّن حجم وكمية المسام في المادة الجامدة من خلال قياس كمية الزئبق الذى يمكن أن يُدفع إلى داخل مسام المادة قيد الدراسة عند ضغوط مختلفة. ولأن الزئبق عادة لا يُبَلِّل المواد، فلن يخترق الزئبق الفتحات بين حشود الجسيمات ما لم يتم التأثير بقوة خارجية. ومن ثم فإن مدى اختراق الزئبق إلى داخل المسام يتم وفق علاقة صارمة مع الضغوط المؤثرة.

شكل 1 رسم توضيحى للمسام المفتوحة والمغلقة (أ)، والمسامية الحقيقية (ب)، والمسامية الظاهرية (ج).

الخطوات العشر المتبعة لتعيين نسبة المسامية وفقاً لأسلوب التفريغ والضغط موضحة في شكل ءءء ، وهى:

- احصل على الأوزان الجافة
- اشحن العينات إلى داخل خزان التفريغ والضغط
- فرِّغ الهواء من الخزان وأبقه مفرغاً لمدة 30 دقيقة
- غطى العينات بسائل داخل الخزان
- استعد تفريغ الهواء من الخزان وأبقه مفرغاً لمدة 5 دقائق
- اضغط الخزان وأبقه مضغوطاً لمدة 15 دقيقة
- أخرج العينات من الخزان واغمرها في السائل
- احصل على الأوزان المُعَلَّقة (وهى داخل السائل)
- احصل على الأوزان المُشَبَّعة (بعد إخراجها من السائل)
- احسب النتائج كما في جدول 2.



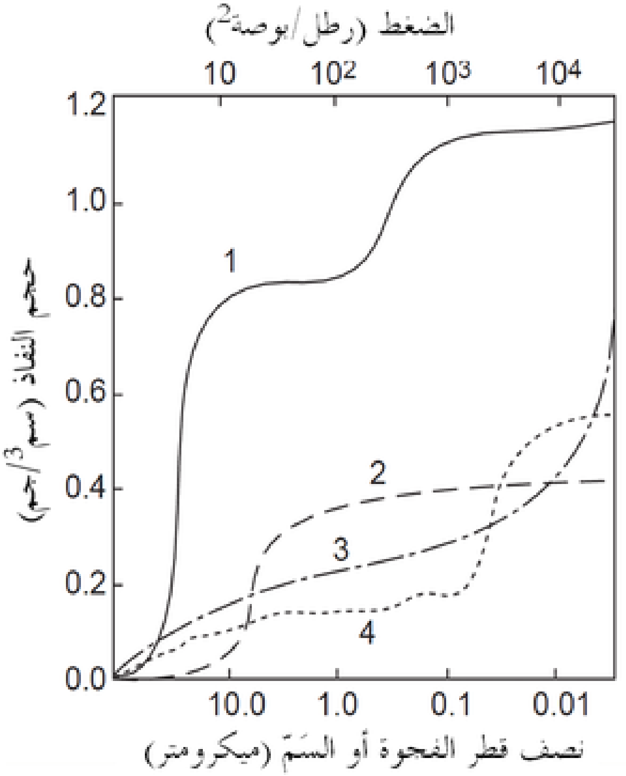
شكل 2 أسلوب التفريغ والضغط المستخدم في تعيين نسبة المسامية في عشر خطوات.

جدول ٢ كيفية حساب المسامية من بيانات قياسات التفريغ والضغط.

رقم العينة	أوزان العينات			معالجة البيانات			
	جاف ج	معلق ع	مشبع ش	الثقل النوعي	[illegible]	الكثافة	المسامية ٪
ر-١	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
ر-٢	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
ر-٣	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
ر-٤	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
ر-٥	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
المتوسط				[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

جدول 2 كيفية حساب المسامية من بيانات قياسات التفريغ والضغط.

حجم المسام لا يحدد التوزيع الحجمى لمسام المادة الحرارية فقط ولكن يحدد أيضا حجم الروابط التى تشكلت في الكنانِ (الأرضية) المسامى وبين الكنان المسامى والجسيمات الكثيفة الخشنة. فحجم كل منطقة ترابط له تأثير هام على المفاضلة في خصائص الحراريات. فالعدد الكبير من المناطق الرابطة الأصغر يمكنه كلّ امتداد الشروخ ويزيد من مقاومة امتدادها، ومن ثم تتحسن مقاومة الصدمات الحرارية. ومع ذلك، فالعدد الأصغر من الروابط ذات مساحة مقطع أكبر هو أبطأ في الذوبان ويمكنه تحسين مقاومة التآكل بالخبث. يبين شكل 3 نتائج نموذجية لتوزيع حجم المسام في حراريات عدة. لاحظ الأحجام الصغيرة للمسام والفروق بين هذه المنتجات.



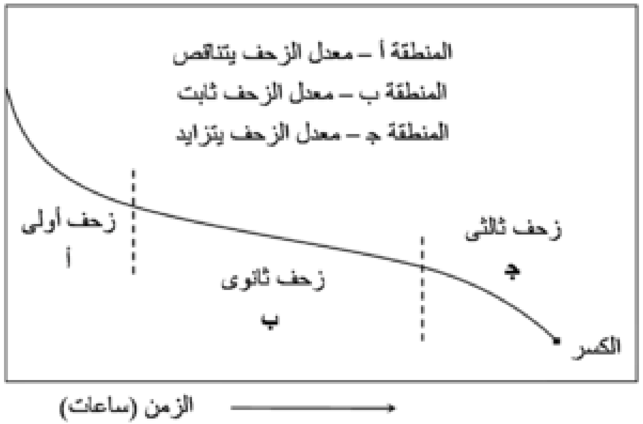
شكل 3 نتائج نموذجية لتوزيع المسام في الطوب الحرارى المُشَكَّل.

مقاومة الحرارة

إن استخدام اختبار المخروط البيرمترى المكافئ التقليدى له فائدة ضئيلة بالنسبة للحراريات المنتجة هذه الأيام، حيث يقيس هذا الاختبار نقطة الليونة النسبية. إن المقاومة النسبية للحرارة في الحراريات الحديثة يقاس قياساً أكثر جدوى وفائدة باستخدام اختبارات للتشوه تحت الحمل و/أو الزحف. يبين جدول 3 مقارنة بعض نتائج اختبار التحميل لوقت قصير. مثلها مثل معظم المواد الإنشائية، تعانى الحراريات من تشوهات الزحف (شكل 4) عندما تتعرض لدرجات حرارة عالية (أى 0,5× درجة حرارة الانصهار أو أعلى). وتُظهر معظم الحراريات مرحلتين مميزتين للزحف، في المرحلة الأولى - التى تسمى الزحف الأولى- يتدهور معدل الهبوط تدريجيا مع مرور الوقت، وفى المرحلة الثانية – المسماة حالة الاستقرار – يصبح معدل الهبوط ثابتاً، وفى درجات الحرارة العالية جداً يلى زحف حالة الاستقرار أحيانا مرحلة زحف ثالثة، حيث يتسارع معدل الهبوط ويؤدى إلى انهيار ذريع أو تمزق زحفى. الزحف الأولى هو قصير عامة في مدته، بينما يمكن أن يحدث الزحف الثانوى على مدى زمنى طويل.

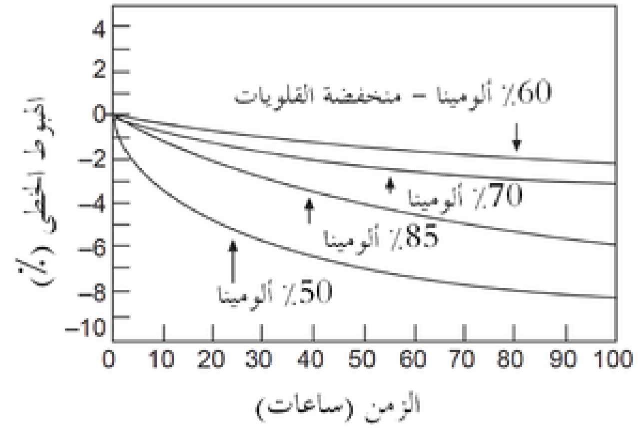
جدول ٣ نموذج لنتائج اختبار التحميل تم فيها استخدام حمل ٢٤ رطل/بوصة٢	
نوع الطوب	نتائج اختبار التحميل
طين حراري	
فائق الأداء	١,٠ – ٣,٠٪ هبوط بعد التسخين ل ١٤٤٩ °م
عالي الأداء	تحمل الحمل حتى > ١٤٤٩ °م
منخفض الأداء	تحمل الحمل حتى > ١٤٤٩ °م
الألومينا العالية	
رتبة ٦٠٪	٠,١ – ٠,٥٪ هبوط بعد التسخين ل ١٤٤٩ °م (٢٦٤٠ °ف)
رتبة ٧٠٪	٠,٤ – ١,٠٪ هبوط بعد التسخين ل ١٤٤٩ °م
رتبة ٨٥٪	٠,٢ – ٠,٨٪ هبوط بعد التسخين ل ١٤٤٩ °م
رتبة ٩٠٪	٠,٠ – ٠,٤٪ هبوط بعد التسخين ل ١٧٦٠ °م
رتبة الكوروندم	٠,١ – ١,٠٪ هبوط بعد التسخين ل ١٥٩٣ °م
سليكا (فائقة الأداء)	تحمل الحمل حتى ١٦٨٢ °م
قاعدي	
مغنسيت محروق	يتحمل الحمل حتى > ١٧٦٠ °م
مغنسيت–كروم محروق	يتحمل الحمل حتى ١٤٨٢ °م
مغنسيت–كروم غير محروق	يتحمل الحمل حتى ١٦٢١ °م
كروم محروق	يتحمل الحمل حتى ١٥٣٨ °م
كروم–مغنسيت محروق	يتحمل الحمل حتى ١٦٦٠ °م
كروم–مغنسيت غير محروق	يتحمل الحمل حتى ١٦٦٠ °م
كربيد السليكون	يتحمل الحمل حتى ١٥٣٨ °م
زركون	٠,١ – ٠,٨٪ هبوط بعد التسخين ل ١٥٩٣ °م

جدول 3 نموذج لنتائج اختبار التحميل تم فيها استخدام حمل 24 رطل/بوصة2.

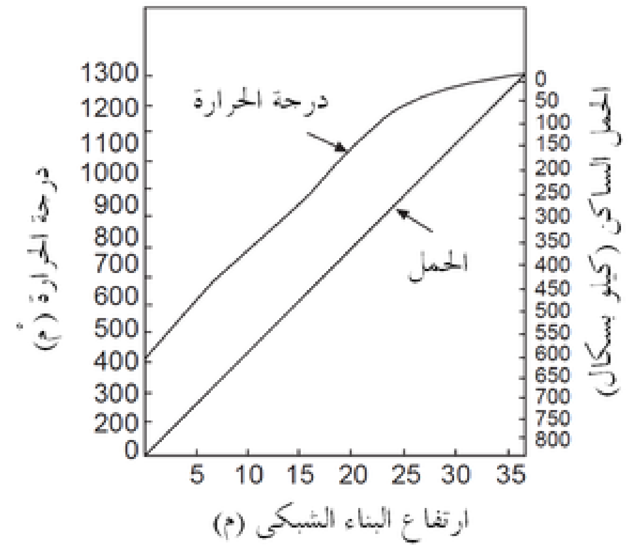


شكل 4 منحنى الزحف المعتاد.

ولذلك فإن الزحف الثانوى عادة ما يقدم مقارنة أكثر وضوحا بين الحراريات، وهو المَعْلَم (البارامتر) الذى تُحدده الطريقة الموصوفة أعلاه. يوضح شكل 5 نتائج اختبار الزحف للعديد من طوب الألومينا العالية. لاحظ أن طوب 60٪ Al_2O_3 المنخفض القلويات (منخفض الشوائب) له مقاومة زحف أفضل مقارنة بطوب الألومينا العالية المحتوى على قلويات أكثر. نتائج الحمل والزحف هذه مفيدة في كثير من التطبيقات الحرارية، على سبيل المثال في إقامة البناء الشبكى لموقد الفرن العالي، حيث الأحمال ودرجات الحرارة معروفة كما في شكل 6. مثل هذه المعلومات يمكن بسهولة استخدامها لأغراض التصميم.



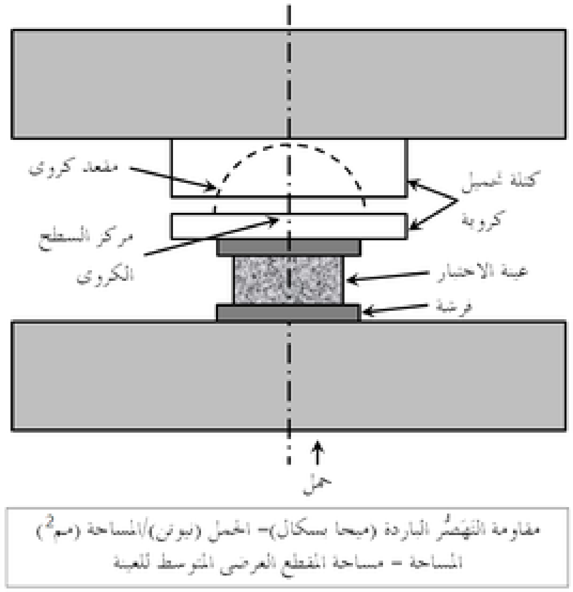
شكل 5 قياسات الزحف لحراريات ألومينا عالية متنوعة، تمت تحت حمل 25 رطل/بوصة2 في 1425ْم لمدة 0-100 ساعة، لاحظ مقاومة الزحف الممتازة لطوب 60٪ ألومينا المنخفض القلويات.



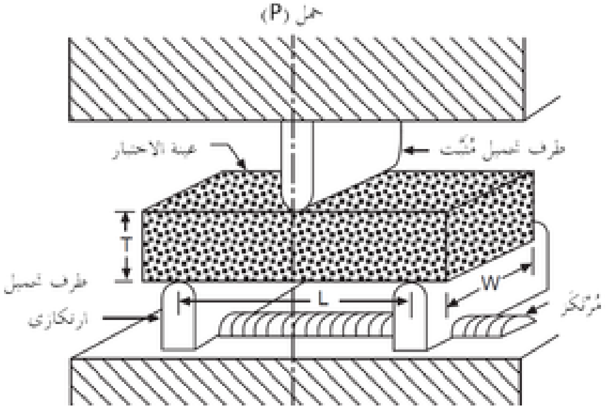
شكل 6 توزيع درجة الحرارة والحمل عند إنشاء بناء شبكى لموقد فرن عالى يعمل عند 1315ْم (حد أعلى).

المقاومة

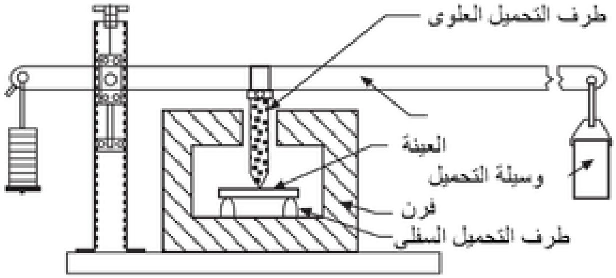
المقاومة الباردة للحراريات عادة ما تقاس في حالة الضغط (وتسمى مقاومة التَهَصُّر أو مقاومة الانسحاق) كما هو موضح في شكل 7، أو عرضياً كما في اختبار معامل التمزق الموضح في شكل 8. تعطى قيم المقاومة الباردة هذه بعض التقدير لقدرة المنتج الحرارى على العمل أثناء الشحن والإنشاء. يمكن أيضاً تعيين قيم المقاومة الساخنة بإجراءات مماثلة مع وضع العينة الحرارية في الفرن، الذى قد يوفر أيضاً جو واقى في محيط العينة. يبين شكل 9 رسم تخطيطى لجهاز قياس معامل التمزق الساخن.



شكل 7 جهاز اختبار مقاومة التَهَصُّر الباردة.



شكل 8 جهاز اختبار معامل التمزق البارد.



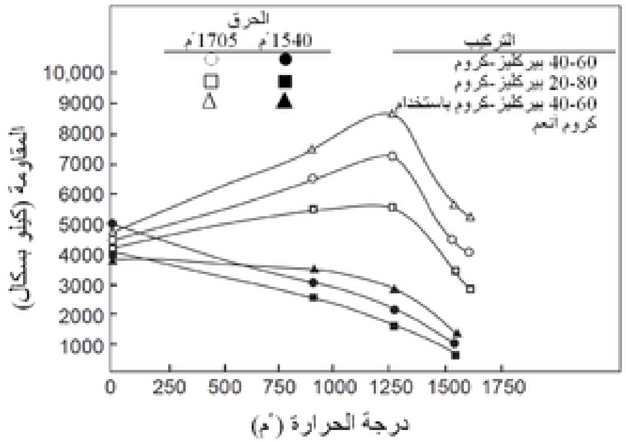
شكل 9 قطاع عرضى في جهاز اختبار معامل التمزق الساخن.

ويبين جدول 4 بعض الخصائص النموذجية الباردة لعدة أنواع من الحراريات، ومنه يتضح مدى الخصائص بين هذه المجموعات وداخلها. كما ذكر سابقاً، فإن هذه الخصائص الباردة هى أكثر فائدة في تقييم مدى اتساق جودة منتجات حرارية معينة. أما المقاومة الساخنة للحراريات فتتفاوت تفاوتاً كبيراً مع درجة الحرارة ومع معايير أخرى مثل جو الفرن. يوضح شكل 10 الطبيعة المعقدة للمقاومة الساخنة للحراريات لنموذج من الحراريات، حيث تظهر مقاومة حراريات البيركليز-كروم، كما تتغير مع درجات الحرارة، وتأثرها بكل من التركيب ودرجة حرارة الحرق المبدئى أثناء التصنيع. تتأثر المقاومة في درجة حرارة اختبار ثابتة كذلك بالتغييرات الطفيفة في مستوى الشوائبَ مثل (SiO_2)، ونسبة CaO إلى SiO_2 في حراريات المغنسيا.

جدول ٤ الخصائص الفيزيائية للطوب الحراري

نوع الطوب	الكثافة (رطل/بوصة^3)	المسامية الظاهرية (%)	مقاومة التهشم البارد (رطل/بوصة^2)	معامل التمزق (رطل/بوصة^2)
طين حراري				
فائق الأداء	١٤٨–١٤٤	١٤–١١	٣٠٠٠–١٨٠٠	١٠٠٠–٧٠٠
عالي الأداء	١٣٦–١٣٢	١٩–١٥	٦٠٠٠–٤٠٠٠	٢٢٠٠–١٥٠٠
منخفض الأداء	١٣٦–١٣٠	٢٥–١٠	٢٥٠٠–١٨٠٠	٢٥٠٠–١٨٠٠
ألومينا عالية				
درجة ٦٠%	١٦٠–١٥٦	١٦–١٢	١٠٠٠٠–٧٠٠٠	٣٣٠٠–٢٣٠٠
درجة ٧٠%	١٦١–١٥٧	١٩–١٥	٩٠٠٠–٦٠٠٠	٢٤٠٠–١٧٠٠
درجة ٨٥%	١٨١–١٧٦	٢٢–١٨	١٣٠٠٠–٨٠٠٠	٢٤٠٠–١٦٠٠
درجة ٩٠%	١٨٥–١٨١	١٨–١٤	١٤٠٠٠–٩٠٠٠	٣٠٠٠–٢٥٠٠
درجة الكوروندم	١٩٠–١٨٥	٢٢–١٨	١٠٠٠٠–٧٠٠٠	٣٥٠٠–٢٥٠٠
سليكا (فائقة الأداء)	١١٥–١١١	٢٤–٢٠	٦٠٠٠–٤٠٠٠	١٠٠٠–٦٠٠
قاعدية				
مغنسيت محروق	١٨١–١٧٧	١٩–١٥٫٥	٨٠٠٠–٥٠٠٠	٣٤٠٠–٢٦٠٠
مغنسيت كروم محروق	١٧٩–١٧٥	٢٢–١٧	٧٠٠٠–٤٠٠٠	٨٠٠–٦٠٠
مغنسيت كروم غير محروق	١٩١–١٨٥	–	٥٠٠٠–٣٠٠٠	١٥٠٠–٨٠٠
كروم محروق	٢٠٠–١٩٥	١٩–١٥	٨٠٠٠–٥٠٠٠	٣٤٠٠–٢٥٠٠
كروم مغنسيت محروق	١٩٤–١٨٩	٢٢–١٩	٤٥٠٠–٣٥٠٠	٢٣٠٠–١٩٠٠
كروم مغنسيت غير محروق	٢٠٥–٢٠٠	–	٦٠٠٠–٤٠٠٠	١٥٠٠–٨٠٠
مغنسيت-كربون	١٩٢–١٧٠	١٣–٩	–	٢٥٠٠–١٠٠٠
دولوميت	١٩٢–١٦٥	٢٠–٥	٣٥٠٠–١٥٠٠	٢٥٠٠–٥٠٠
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

جدول 4 الخصائص الفيزيائية للطوب الحرارى.



شكل 10 العلاقة بين المقاومة ودرجة الحرارة لنموذج من حراريات البيركليز-كروم.

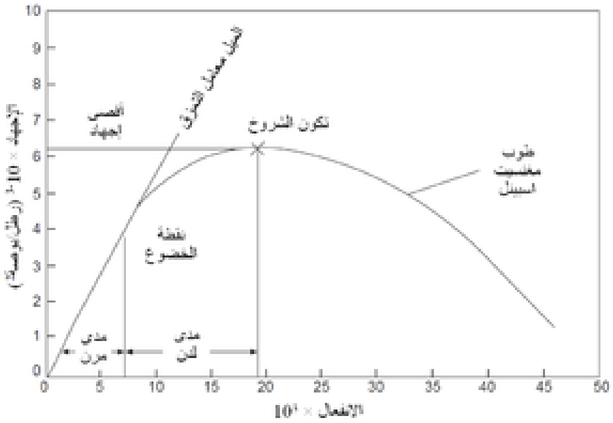
سلوك الإجهاد والانفعال

عندما تتعرض مادة حرارية لحمل ميكانيكى فإنها تنضغط، ويمكن التعبير كمياً عن هذا السلوك بواسطة المعادلة التالية: $\varepsilon=\sigma/E$ حيث : □ = الانفعال (ليس له أبعاد)، □ = الإجهاد، باسكال (رطل/بوصة مربعة)، E = معامل المرونة، باسكال (رطل/بوصة مربعة).

الانفعال يساوى مقدار الانضغاط مقسوما على الطول الأصلي. $\varepsilon=\Delta L/L$ والإجهاد هو القوة المستخدمة في وحدة المساحة. $\sigma=F/A$

ومعامل المرونة، أو معامل يونج، للحراريات هو ثابت يعتمد على المادة ودرجة الحرارة. يتحدد سلوك الإجهاد والانفعال للمادة الحرارية بطريقة مماثلة لتلك المستخدمة لقياس مقاومة التهصر الساخنة، حيث تُسَخَّن عينة أسطوانية بانتظام إلى درجة الحرارة الاختبار، ثم تضغط باستخدام ماكينة اختبار ميكانيكى، وأثناء تحميل العينة، يتم رصد التغير في ارتفاعها عن طريق محول طاقة كهربائى، يُوَصَّل عن طريق قضبى استشعار صفَّير بالسطحين العلوى والسفلى من العينة. وتستخدم البيانات لعمل منحنى الإجهاد في مقابل الانفعال.

يوضح شكل 11 منحنى إجهاد وانفعال نموذجى. الجزء الأولى من المنحنى يكون عادة خطياً، ويسمى المدى المرن، ويعطى ميل المنحنى في هذا المدى معامل المرونة، وتسمى النقطة التى يصبح عندها منحنى الإجهاد والانفعال لاخطيٍ نقطة الخضوع، ويؤدى انفعال المادة بعد هذه النقطة إلى حدوث تشوه دائم، ويعرف هذا الجزء من المنحنى بالمدى اللدن، وزيادة انفعال المادة بعد ذلك يؤدى إلى الإنهيار. بعض المواد لا تظهر سلوكاً لدناً في درجات حرارة معينة، ولكن بدلاً من ذلك تنهار مباشرة بعد الانفعال المرن. قيم معامل المرونة لعدد من الحراريات مبينة في جدول 5.



شكل 11 مثال لمنحنى إجهاد وانفعال لطوب مغنسيت اسبينل.

جدول ٥ معامل المرونة الساكنة (قيم تقريبية)

نوع الطوب	معامل المرونة في ٢٠٠٠ °ف (رطل/بوصة مربعة)
سليكا	٩٫٠×$١٠^{٦}$
٥٠٪ ألومينا	٦٫٩×$١٠^{٦}$
٩٠٪ ألومينا	١٢٫٠×$١٠^{٦}$
اسبينل مغنسيت-ألومينا	١٤٫٠×$١٠^{٦}$
مغنسيت-كروم	١٣٫٠×$١٠^{٦}$
مغنسيت	٩٫٣×$١٠^{٦}$
مغنسيت مشرب بالقار	٣١٫٠×$١٠^{٦}$
مغنسيت مترابط بالقار	١٤٫٠×$١٠^{٦}$
مغنسيت-كربون (٢٠٪)	٤٫٤×$١٠^{٦}$
مغنسيت-كربون (١٥٪)	٤٫٠×$١٠^{٦}$

جدول 5 معامل المرونة الساكنة (قيم تقريبية).

إن فهم سلوك الإجهاد والانفعال للحراريات في درجات الحرارة المرتفعة أمر مهم في جميع التطبيقات تقريباً، فغلاف الوعاء أو بنيته العلوية عادة ما يعمل على كبح التمددات الحرارية في البطانة، وقد يتطلب التصميم المناسب للبطانة ترك ثغرات فيها (سماحية للتمدد الحرارى) أثناء الإنشاء لمنع التراكم الكارثى للإجهادات في البطانة أثناء التسخين، إلا أنه يجب أن تكون سماحية التمدد أيضا مصممة بحيث تحافظ على استقرار البطانة. ويجب أيضا أن يكون المهندس مهتم بالإجهادات التى تؤثر بها الحراريات المتمددة على غلاف الوعاء أو بنيته العلوية. سنتناول فيما بعد التقنيات المستخدمة لتحليل سلوك الحراريات تحت الإجهادات.

الحرارة النوعية

الحرارة النوعية للمادة الحرارية تدل على مقدار الحرارة اللازمة لتغيير درجة حرارتها بمقدار معين، والحرارة النوعية هى كمية الحرارة بالوحدات الحرارية البريطانية (BTU's)، التى يجب أن يستوعبها رطل واحد من المادة لزيادة درجة حرارته بمقدار درجة واحدة فهرنهايت. يعطى جدول 6 الحرارات النوعية لعدة أنواع من الطوب الحرارى والمواد الحرارية.

جدول ٦ متوسط الحرارة النوعية للطوب والمعادن الحرارية.

درجة الحرارة °ف	طوب: طين حراري	طوب: سليكا	طوب: مغنسيت	طوب: كروم	طوب: فورستريت	معادن: موليت $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	معادن: كريستوباليت SiO_2	معادن: بريكليز MgO	معادن: كوروندم Al_2O_3
٣٢	٠,١٩٣	٠,١٦٩	٠,٢٠٨	٠,١٧٠	٠,١٨٠	٠,١٨٤	٠,١٦٥	٠,٢٠٨	٠,١٧٩
٢٠٠	٠,١٩٩	٠,١٨٨	٠,٢١٩	٠,١٧٦	٠,٢٠٠	٠,١٩٢	٠,١٨٣	٠,٢٢٧	٠,١٩٦
٤٠٠	٠,٢٠٦	٠,٢١١	٠,٢٣٢	٠,١٨٢	٠,٢١٦	٠,٢١٤	٠,٢٠٤	٠,٢٤٠	٠,٢١٤
٦٠٠	٠,٢١٤	٠,٢٢٩	٠,٢٤٢	٠,١٨٨	٠,٢٣٠	٠,٢٢٣	٠,٢٣٩	٠,٢٥١	٠,٢٢٦
٨٠٠	٠,٢٢٠	٠,٢٣٨	٠,٢٥١	٠,١٩٤	٠,٢٤٠	٠,٢٢٩	٠,٢٥١	٠,٢٥٧	٠,٢٣٥
١٠٠٠	٠,٢٢٧	٠,٢٤٦	٠,٢٥٨	٠,١٩٩	٠,٢٤٦	٠,٢٣٣	٠,٢٥٨	٠,٢٦٢	٠,٢٤٢
١٢٠٠	٠,٢٣٤	٠,٢٥٣	٠,٢٦٣	٠,٢٠٤	٠,٢٥٠	٠,٢٣٧	٠,٢٦٤	٠,٢٦٧	٠,٢٤٨
١٤٠٠	٠,٢٤١	٠,٢٥٦	٠,٢٦٨	٠,٢٠٨	٠,٢٥٤	٠,٢٤٠	٠,٢٦٨	٠,٢٧٠	٠,٢٥٢
١٦٠٠	٠,٢٤٨	٠,٢٦٠	٠,٢٧٣	٠,٢١٢	٠,٢٥٨	٠,٢٤٢	٠,٢٧١	٠,٢٧٤	٠,٢٥٧
١٨٠٠	٠,٢٥٣	٠,٢٦٤	٠,٢٧٨	٠,٢١٦	٠,٢٦٢	٠,٢٤٥	٠,٢٧٣	٠,٢٧٧	٠,٢٦٠
٢٠٠٠	٠,٢٥٨	٠,٢٦٨	٠,٢٨٣	٠,٢٢٠	٠,٢٦٦	٠,٢٤٧	٠,٢٧٥	٠,٢٨٠	٠,٢٦٤
٢٢٠٠	٠,٢٦٢	٠,٢٧٢	٠,٢٨٨	٠,٢٢٢	٠,٢٧٠	٠,٢٤٩	٠,٢٧٧	٠,٢٨٢	٠,٢٦٧
٢٤٠٠	٠,٢٦٦	٠,٢٧٦	٠,٢٩٣	٠,٢٢٤	٠,٢٧٤	٠,٢٥١	٠,٢٧٨	٠,٢٨٥	٠,٢٧٠
٢٦٠٠	٠,٢٦٩	٠,٢٧٩	٠,٢٩٧	٠,٢٢٦	٠,٢٧٨	٠,٢٥٣	٠,٢٧٩	٠,٢٨٨	٠,٢٧٣
٢٨٠٠						٠,٢٥٥	٠,٢٨٠	٠,٢٩٠	٠,٢٧٦
٣٠٠٠						٠,٢٥٦	٠,٢٨١	٠,٢٩٢	٠,٢٧٩
٣٢٠٠						٠,٢٥٨	-	٠,٢٩٤	٠,٢٨٢

جدول 6 متوسط الحرارة النوعية للطوب والمعادن الحرارية.

إن قيم الحرارة النوعية للمواد الحرارية هامة في كثير من التطبيقات، لأن كمية الحرارة المختزنة في البطانة أثناء التسخين غالبا ما تكون كبيرة، ففى الأفران الدورية حيث يتم تخزين كميات كبيرة من الحرارة بالتناوب خلال مراحل التسخين، يتم فقدها في محيط الفرن خلال مراحل التبريد، وكمية الحرارة المفقودة هنا مرتبطة بالحرارة النوعية للبطانة الحرارية. من التطبيقات التى يُرغب فيها في حرارة نوعية عالية مواقد الفرن العالي، فالمواقد مصممة خصيصاً لامتصاص وتخزين الحرارة من العوادم الغازية الساخنة، حيث تستخدم الحرارة المخزنة بعد ذلك لتسخين هواء الاحتراق قبل دخوله إلى الفرن.

الابتعاثية

الابتعاثية هى القدرة النسبية للسطح لبعث (إصدار) حرارة بالإشعاع، ويعبر عنها بكسر من ابتعاثية جسم أسود مثالى, فمثل إشعاع الجسم الأسود هذا هو الحد الأقصى الممكن للإشعاع، ولا يمكن أبداً تحقيقه بواسطة المواد الحقيقية, والسطح المشع الجيد هو بالتساوى سطح ماص جيد للحرارة، والعاكس الجيد هو بالطبع ماص ردىء، ومن ثم مشع ردىء للحرارة، والعاكس التام - وهو أيضا غير موجود - ستكون ابتعاثيته صفراً، كذلك لا تشع المواد بالتساوى على جميع الأطوال الموجية، فالمقدرة على الإشعاع في طول موجى معين يشار إليها بالابتعاثية وحيدة اللون، ومن ثم فالابتعاثية الكلية تشير إلى الإشعاع الحرارى الحادث على طيف الأطوال الموجية كله.

تقل الابتعاثية الكلية لمعظم الحراريات إلى حد ما مع زيادة درجة الحرارة، فالابتعاثية هى التى تحدد كمية الحرارة التى تشع عبر فجوة في البناء الحرارى، والمعادلة المستخدمة في حساب هذه الكمية هى: $Q_r=\sigma((T_1^4-T_2^4)/(1/\varepsilon_1+1/\varepsilon_2-1))$ حيث: Q_r = الحرارة المُشَعَّة عبر الفجوة، وات م-2، σ = ثابت ستيفان-بولتزمان، وات م-2 ك-4، T_1 = درجة حرارة السطح الأسخن من الفجوة، ك، T_2 = درجة حرارة السطح الأبرد من الفجوة، ك، ε_1 = ابتعاثية السطح الأسخن من الفجوة، بدون أبعاد، ε_2 = ابتعاثية السطح الأبرد من الفجوة، بدون أبعاد. فى المعادلة أعلاه، يجب أن يتم التعبير عن درجات الحرارة باستخدام مقياس درجة الحرارة المطلقة، ودرجة الحرارة المطلقة بالكلفن هى ك =°م + 273، وثابت ستيفان-بولتزمان هو 5,670 × 10-9 وات م-2ك-4 (1,714 × 10-9 وحدة حرارية بريطانية ساعة-1 قدم-2ر-4) . ابتعاثية الطبقة الخارجية في وعاء هى التى تحدد - إلى حد كبير - كمية الحرارة المنبعثة إلى البيئة المحيطة، ويُعطى الفاقد الحرارى إلى البيئة عى

طريق الإشعاع غير المَعُوق بالعلاقة: $Q_r=\varepsilon\sigma(T_1^4-T_2^4)$ حيث : Q_r = الحرارة المُشَعَّة إلى المحيط، وات م-2، σ = ثابت ستيفان-بولتزمان، وات م-2 ك-4، □ = ابتعاثية السطح الخارجى، بدون أبعاد، T1 = درجة حرارة السطح الخارجى، ك، T2 = درجات حرارة المحيط، ك.

والسطح الخارجى في معظم التطبيقات هو غلاف فلزى، لوح من صلب كربونى مثلاً. وتتأثر ابتعاثية الغلاف في هذه الحالة بدرجة تأكسد السطح، حيث تميل الابتعاثية إلى الزيادة كلما زاد مقدار التأكسد. يدرج جدول 7 قيم الابتعاثية لعدد من الحراريات والمواد التى تستخدم في أغلفة الأفران.

جدول ٧ قيم ممثلة للابتعاثية الكلية لبعض المواد.

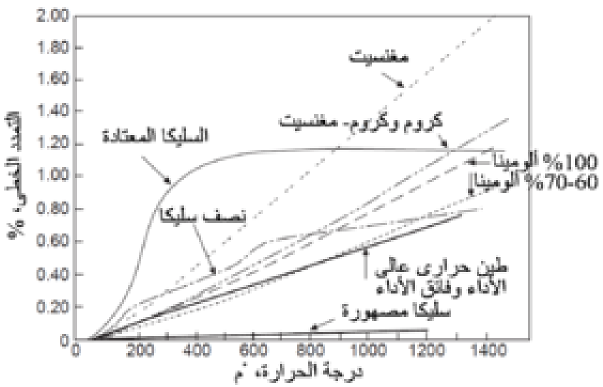
المادة	درجة الحرارة، °ف						
	٢٠٠	٤٠٠	٨٠٠	١٦٠٠	٢٠٠٠	٢٤٠٠	٢٨٠٠
طوب الطين الحرارى	٠٫٩٠	(٠٫٩٠)	(٠٫٩٠)	٠٫٨١	٠٫٧٦	٠٫٧٩	٠٫٦٨
طوب السليكا	(٠٫٩٠)	–	–	٠٫٦٥–٠٫٨٦	٠٫٦٠–٠٫٧٨	٠٫٥٧–٠٫٧٤	٠٫٥٩–٠٫٦٧
طوب الكروم-مغنسيا	–	–	–	٠٫٨٧	٠٫٨٩	٠٫٧٥	٠٫٩٠
طوب الكروم	(٠٫٩٠)	–	–	٠٫٩٧	٠٫٩٧٥	–	–
طوب الألومينا العالية	٠٫٩٠	٠٫٨٤	٠٫٧٩	(٠٫٥٠)	(٠٫٤٤)	–	–
طوب المولايت	–	–	–	٠٫٥٣	٠٫٥٣	٠٫٦٩	٠٫٦٣
طوب كربيد السليكون	–	–	–	٠٫٩٢	٠٫٨٩	٠٫٨٧	٠٫٨٩
صلب كربونى	٠٫٨٠	–	–	–	–	–	–
ألومنيوم	٠٫٢٠	–	–	–		–	–

تم الحصول على الأرقام الموجودة داخل الأقواس من [illegible] لنتائج الاختبار.

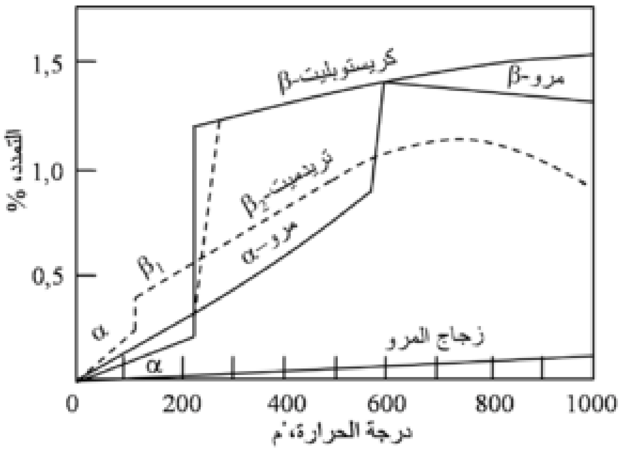
جدول 7 قيم ممثلة للابتعاثية الكلية لبعض المواد.

التمدد الحرارى

جميع الحراريات تتمدد عند التسخين بطريقة مرتبطة بتركيباتها الكيميائية. يظهر شكل 12 أمثلة تقليدية على تمدد أنواع متباينة من الحراريات، ومن الواضح أن شكل منحنى التمدد ودرجة الحرارة والسعة القصوى للتمددات تختلف على نحو ملحوظ بين هذه المواد. تستخدم المواد القابلة للانضغاط والفجوات للتخلص من التمدد في أى بناء حرارى، لأنه من الواضح أن البطانة الحرارية يمكن أن تعانى نمواً يصل إلى عدة بوصات بسبب التمدد، ومن ثم فلابد من التخلص منه. الحراريات ذات التمدد الحرارى الخطى أو القريب من الخطى تتطلب عموماً عناية أقل بكثير من تلك التى لها تمدد غير خطى. والمثال التقليدى للحراريات التى تتطلب عناية أثناء التسخين الصاعد هو طوب السليكا، الذى يتكون بعد الحرق من موازنة مسيطر عليها بعناية بين أشكال معدنية مختلفة للمركب SiO_2. يظهر شكل 13 التمدد الحرارى للأشكال المعدنية المختلفة للسليكا، التى تجعل التسخين ببطء لازماً خلال نطاقات حرجة مختلفة من درجة الحرارة. ونتيجة للتركيب المعدنى المعقد لطوب السليكا، تسخن المنشآت الكبيرة التى تستخدم هذه الطوب (مثل أفران الكوك) وتبرد بمعدلات بطيئة للغاية، وربما تتطلب عدة أسابيع للوصول إلى درجات حرارة التشغيل، وبمجرد تجاوز درجة الحرارة الحرجة، يُظْهِر طوب السليكا تمدداً حرارياً منخفضاً ومنتظماً، ويمكن تدويره حرارياً دون ضرر بين 1000-1538 ْم.

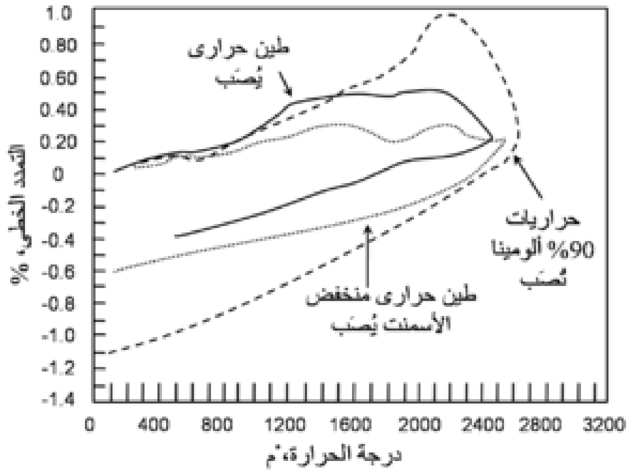


شكل 12 منحنيات التمدد الخطى لعدة أنواع من الحراريات.



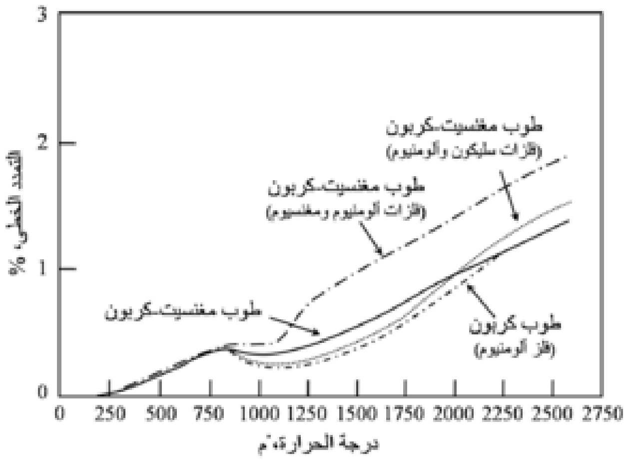
شكل 13 التمدد الحرارى لمعادن السليكا.

بصفة عامة، سلوكيات التمدد الحرارى للحراريات غير المحروقة أكثر تعقيدا من نظيراتها المحروقة، فأثناء التسخين الأولى قد تحدث تمددات هائلة أو تقلصات في المواد غير المحروقة، نتيجة للتغيرات في هيكل الترابط والبنية المعدنية وتأثيرات التلبيد. يوضح شكل 14 خصائص التمدد الحرارى الحاصل لعدد من الحراريات المترابطة بالأسمنت خلال التسخين الصاعد الأولى، حيث تظهر هذه المواد انكماشاً على مدى درجة حرارة بين 205-315 °م، الذى يصاحب التحلل الحرارى للأسمنت، ويتحدد مقدار الانكماش بجودة وكمية الأسمنت، وفى درجات الحرارة فوق 980 حتى 1090 °م يحدث انكماش إضافى نتيجة للتَلَبُّد. والتمدد الحرارى الأساسى يُعَيَّن بخصائص الرُكَام المستخدم. الانكماشات التى تحدث أثناء التسخين الصاعد الأولى حتى 1430 °م هى انكماشات دائمة بطبيعتها، ومقدارها عادة بين 0,2 إلى 1,5٪.



شكل 14 التمدد الحرارى لبعض الحراريات التى تَصب.

يبين شكل 15 منحنيات التمدد الحرارى لعدد من طوب المغنسيت-كربون. خلال مدى درجات الحرارة 370-540 ْم، حيث يعمل تكوُّن رابط كربونى زجاجي إلى تكثيف بنية المادة وينتج عن ذلك انكماشات. وفى المواد التى تحتوى على فلزات تحدث تفاعلات تمددية في درجات الحرارة المرتفعة، فالطوب المحتوى على مغنسيوم يُظْهر تمدداً حرارياً هائلاً في المدى 540-705 ْم، وتظهر المواد التى تحتوى على ألومنيوم تسارعاً تدريجياً في التمدد فوق نحو 760 ْم، ويزداد التمدد الحرارى في درجات الحرارة العالية بدرجة كبيرة مَع الزيادة في محتوى الفلزات. وبعد التسخين إلى 1430 ْم يُظْهِر طوب المغنسيت-كربون تمدداً دائماً من 0,1 إلى 1,0 ٪.

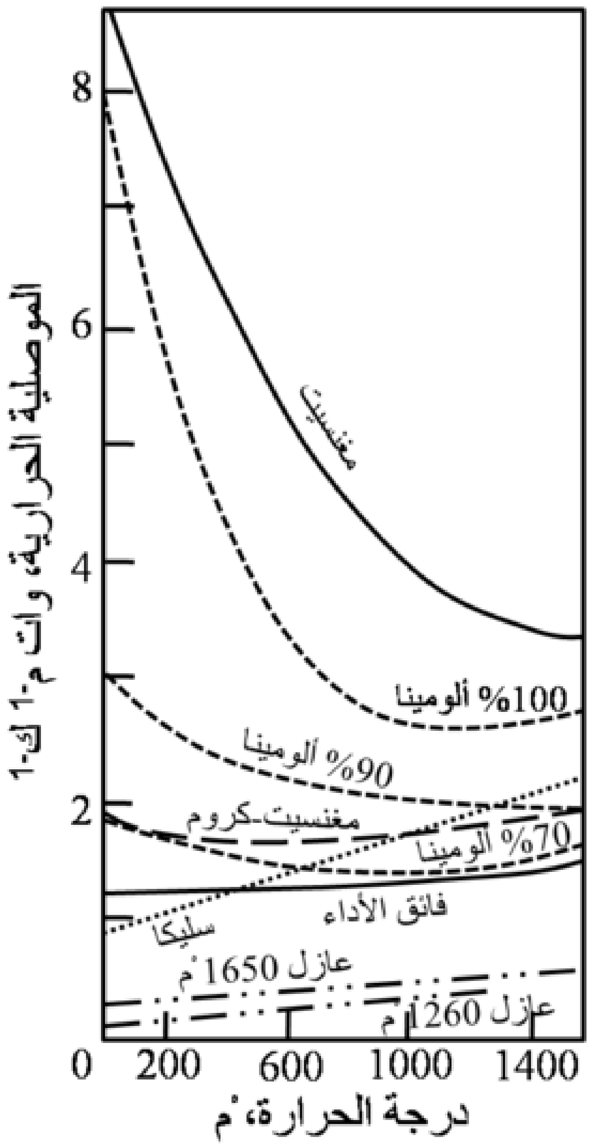


شكل 15 التمدد الحرارى لطوب المغنسيت-كربون.

الموصلية الحرارية وانتقال الحرارة

كعوازل، استخدمت المواد الحرارية دائما لحفظ الحرارة، ومقاومتها لسريان الحرارة هو عامل اختيار رئيسى في كثير من التطبيقات. يبين شكل 16 منحنيات الموصلية الحرارية لأنواع حرارية عديدة

تتراوح بين الحراريات الكثيفة والطوب العازل. بعض الحراريات مثل الكربون أو كربيد السليكون لديها موصليات حرارية عالية بصورة ملموسة (تصل إلى 43,26 وات م-1 ك-1) في حين أن مواد أخرى لديها موصليات حرارية أقل من 0,14 وات م-1 ك-1، مثل كتل العزل أو الألياف الحرارية.



شكل 16 منحنيات موصلية حرارية نموذجية لعدة أنواع من الطوب الحرارى.

وباستخدام قيم الموصلية المقيسة/المقاسة، يمكن حساب فواقد الانتقال الحرارى خلال الجدران الحرارية وحيدة أو عديدة المكونات باستخدام صيغة عامة، هى: $Q/A=(T_1-T_2)/(L_1/K_1+L_2/K_2+\cdots+L_n/K_n)$ حيث: Q/A = الفاقد الحرارى معبراً عنه ب وات م-2، T1 = درجة حرارة السطح الأسخن،ْم، T2 = درجة حرارة السطح الأبرد،ْم، L1 وLn ...L2= تخانة

(سُمْك) كل مادة، بوصة، K1 وKn ... K2= الموصلية الحرارية لكل مادة، وات م-1 ك-1. تتم هذه الحسابات الآن بسرعة باستخدام محاكاة الحاسب، حيث يمكن موازنة معدلات انتقال الحرارة المحسوبة مع الفاقد من سطح الحراريات الخارجى الحاصل بالإشعاع أو بالحمل الطبيعى أو القسرى. وعلاوة على ذلك، فإن تحديد بيانات الانتقال الحرارى وخاصة مرحلة الاستقرار أصبحت عمليات روتينية مع التقدم في الحواسب، بعد أن كانت قبل ذلك عمليات حسابية بطيئة. وعلى الرغم من أنه قد يبدو أن كل بناء ينبغى أن يُصمم بحيث يحقق أدنى فواقد حرارية، إلا أن هذا ليس هو الحال دوماً، فيجب توخى الحذر في بعض الحالات، من بينها ما يلي:

(1) حراريات الوجه الساخن في تطبيقات معينة يجب أن تكون قادرة على الصمود لدرجات الحرارة الأعلى التى ستنجم عندما تضاف طبقات احتياطية مُسَانِدة من مواد شديدة العزل.

(2) يجب أن تكون الخصائص الأخرى للحراريات مناسبة للبيئة، فمثلاً معظم المواد العازلة لن تتحمل التعرض المباشر للفلز أو الخبث، والمواد المُسَانِدة قد تكون عرضة للمهاجمة من قبل مكونات العملية المتبخرة (مثل القلويات ومركبات الكبريت والأحماض) أو مكثفاتها. وتكون القنوات الغازية خلال المواد المنفذة يجب أيضاً أن يؤخذ في الحسبان لمنع تكون البؤر الساخنة على غلاف الوعاء.

(3) يزيد العزل من عمق الاختراق والهجوم الكيميائى على طبقة الوجه الساخن.

وهناك طائفة واسعة جداً من الحراريات شديدةالعزل المعتمدة على الألياف، وهى متوفرة في هيئة كتل وأغطية وألواح ومنتجات مشكَلة. وفى مثل هذه المنتجات، تعتمد الموصلية الحرارية اعتمادا كبيراً على كثافة المنتج.

وفى تطبيقات معينة، تستخدم حراريات ذات موصلية عالية جداً لتبريد البطانة الحرارية وإقرارها ضد مزيد من بِلَى الحراريات.

فيستخدم مثلاً في المخروط السفلى لفرن عالى مواد جرافيتية ونصف جرافيتية، ذات موصليات من 70-80 و30-35 وات م-1 ك-1، على الترتيب في 1000 ْم، (لاحظ هذه القيم في مقارنة مع الحراريات التقليدية المبينة في شكل 15). وفى مثل هذه التصميمات، تعمل الحرارة المستخرجة من خلال مبردات النحاس على إطالة عمر الحراريات إلى عدة مرات أطول من البطانات غير المبردة. وبالمثل، فإن البناء المركب مع كربيد السليكون في المخروط العلوى للفرن العالى يتحكم في درجات حرارة الغلاف، ويسمح بتكوين بطانة مستقرة، وفى هذه الحالة يُرغب أن تكون كثافة لوح التبريد متفاوتة ما بين خفيفة إلى كثيفة.

العديد أيضاً من التطبيقات الحرارية في مصنع الصلب لم تصل أبداً إلى التوازن الحرارى، ويجب استخدام حسابات انتقال الحرارة الديناميكية في تحليل هذه التطبيقات، فمثلاً سَتَدُور مغرفة الصلب العادية عدة مرات يومياً، وخلال هذه الدورات، ستُظْهِر درجة حرارة الوجه الساخن – والبطانة بأكملها إلى حد أقل - سلوكاً دورياً.

الأهم من ذلك، أن نتذكر أن سريان الحرارة في حالة الاستقرار تحكمها الموصلية الحرارية k (من قانون "فوربيه" الأول)، وخاصية المادة اللازمة في الحالة الانتقالية هى الانتشارية الحرارية l (من قانون "فوربيه" الثانى). الانتشارية الحرارية "l" هى المكافئ لمعامل الانتشار في معادلة "فوربيه" لسريان الحرارة، وهى مقياس لمدى سرعة انتقال نبضة حرارية خلال مادة جامدة. وترتبط الانتشارية الحرارية بكل من الموصلية الحرارية والسعة الحرارية من خلال العلاقة:

$$\lambda=k/(\rho C_p)$$

حيث:

= الانـتشاريـة الحراريـة، م2 ث-1

K = الموصلية الحرارية، □ = الكثافة، Cp = السعة الحرارية.

وتُحدد الانتشارية الحرارية في الغالب بطريقة النبضة الحرارية، حيث تطبق نبضة حرارية على جانب واحد من قرص أو أسطوانة قصيرة وتُسجل الفترة الزمنية التى تصل فيها درجة حرارة الوجه المقابل إلى نصف قيمتها النهائية. ويُحصل في المعتاد على النبضات الحرارية بواسطة وميض ليزر آلى. يبين جدول 8 قيم الانتشارية لبعض المنتجات المنتقاة. العلاقة بين الكثافة والسعة الحرارية والموصلية الحرارية والانتشارية الحرارية ينبغى أن توضع نصب أعيننا، حتى إذا كانت إحدى الخصائص مجهولة، يمكن حسابها بسهولة بمعرفة بقيتها.

جدول 8 الانتشارية الحرارية لمنتجات متنوعة، بوحدات 10^{-6} م^{2}ث$^{-1}$.

	٢٥°م	٥٠٠°م	١٠٠٠°م	١٥٠٠°م
ألومينا > ٩٩,٥٪	١٠,٧	٢,٦	١,٨	١,٣
ألومينا ٩٠٪	٦,٢	١,٧	١,٤	٠,٩
مغنسيا ٣٠٪ مسامية	١٢*	٤*	١,٥*	-
اسبنل	٦*	٣*	١,٤*	-
زركونيا (مكعبة)	٠,٧	٠,٦	٠,٥	٠,٦
كربيد سليكون (مكعب)	٥٠-٤٠	١٨-١٥	١٣-١١	٩-٧
جرافيت ـ C	١٠٠٠-٤٥٠	١٥٠-٥٠	٧٥-٣٠	-
جرافيت | C	٥,٤-٢,٨	٠,٨-٠,٤	٠,٥-٠,٢	-

جدول 8 الانتشارية الحرارية لمنتجات متنوعة، بوحدات 10-6 م-2ث-1.

الصدمة الحرارية

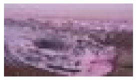
مقاومة الصدمات الحرارية هى مسألة معقدة عند دراسة تصميم المواد الحرارية. تنتج الصدمات الحرارية أو التصدعات بسبب الإجهادات الحرارية التى تنبع من التفاوت في معدلات التمدد والتقلص داخل المادة الحرارية، الناجمة عن التغيرات السريعة في درجة الحرارة، أو التدرجات العالية لدرجة الحرارة داخل المادة الحرارية ذاتها. والتنبؤ بمقاومة المواد للكسر بسبب الصدمة الحرارية يمكن أن يعبر عنه بالعامل الآتى:

$$ks/\alpha E$$

حيث:

k = الموصلية الحرارية، s = مقاومة الشد، □ = معامل التمدد الحرارى، E = معامل المرونة.

وكلما عَلت قيمة العامل في المعادلة أعلاه، علت مقاومة الصدمات الحرارية المتوقعة للمادة. يمكن كذلك الحصول على قياس آخر لمقاومة الصدمات باستخدام قياسات شغل الكسر في درجات حرارة مرتفعة، حيث تستخدم للتنبؤ بالطاقة اللازمة لتمدد الشروخ بطيئة الحركة. وعادة ما تشتمل أساليب قياس الصدمات الحرارية الأخرى على اختبارات تتعرض فيها المادة لدورات حرارية.



التطلعات+/−

تبيان هام للمهتمين بعلم الانساب الامام علي بن أبي طالب البلخي الحسيني (أمام الحنفية في بلخ) هو أبو الحسن علي بن أبي طالب البلخي ، ينسب له الضريح الموجود في المسجد الأزرق (مزار شريف) بأفغانستان- مدينة مزار شريف - بلخ (1) الواقعة على الحدود الشمالية لأفغانستان والمجاورة لأوزبكستان. وكان يفصلها عن خراسان بإيران وسمرقند وبخارى بأوزبكستان نهر يسمى جيحون، وكان كل طرف يطلق على الآخر بلاد ما وراء النهر. واما ادعاء البعض من اهل بلخ بان هذا المزار للامام علي بن ابي طالب الخليفة الراشدي الرابع لاصحة له - ولا دليل على ذلك بل تلابس عليهم الامر بسب تشابه الاسماء كما صرح بذلك علماء النسب القدامى - والخليفة الراشدي علي بن ابي طالب رضي الله عنه استشهد بالكوفة وليس ببلخ التي تبعد الالاف الكيلومترات عن ارض العراق . تبيان: الاول الامام علي بن ابي طالب امام راشدي وخليفة للمسلمين الثاني الامام علي بن ابي طالب - امام الحنفية في بلخ من احفاد الاول نسبه هو أبو الحسن علي بن أبي طالب الحسن النقيب ببلخ بن أبي علي عبيدالله بن أبي الحسن محمد الزاهد بن أبي علي عبيدالله النقيب بهراة بن أبي القاسم علي النقيب ببلخ بن أبي محمد الحسن بن الحسين بن جعفر الحجة بن عبيدالله الأعرج بن الحسين الأصغر بن علي بن الحسين بن علي بن أبي طالب وأمه ريطة بنت الحسن من ذرية محمد بن الحنفية بن علي بن أبي طالب.(2)(3)(4)

حياته كان من أعيان السادة الحنفية مع قوله بإمامة المفضول مع وجود الفاضل(5)(6)(7)(8) ، زاهد عابد من سادات بلخ الذين لهم مكانه واسعة في نفوس أهلها وأقليم خراسان وعرف ب "شاه مردان" ، زار بغداد ودمشق والقاهرة وبلاد الهند وله مكانه وأحترام بين ملوك عصره ورجاله، شاعرا أديبا خطاطا مؤلف كتاب "فضائل بلخ"(9) " كان : قطط الشَّعْر حَسَن اللحية حين استوت لحيته ". وكان كأبيه في الشجاعة وقوة القلب ومبارزة الأبطال، وله مقام مشهور بقرية "خواجة خيران ما يعرف حاليا بمدينة مزار شريف" وتبعد بضع فراسخ عن بلخ في بخراسان (10) وقد حج مرتين وفي احدى سفراته ذهب إلى(هرات) فاحترمه الملك وكانت له اسفارعديدة فسافرالى سمرقند وريورتون وسمنان ومرو، وطوس ومشهد وتاپياد وقزل رباط وكيش وكانت له علاقات جميلة بالناس وله هيبة بالقلوب ومحبوب من كل الفرق وصاحب دين وتقوى وورع كبير.(11).

(السيد الأجل أبو الحسن) علي بن أبي طالب بن عبيد الله البلخي، ذكره الباخرزي في كتاب دمية القصر فقال شرف السادة وله أخص الفضل وأعمه وهو من أغصان تلك الدولة العلياء ومن أزهار تلك الدوحة الغناء ورأيت الشيخ أبا عمرو يروى بين يدي عمه شعره وأسارير وجهه من سرور تشرق ولسانه بالحمد والشكر ينطق لما يرشح به إناؤه ومن فضل مختزن في إهابه وبخاته سار ذكره لها وشرف قدرها به ورأيت في كتاب قلايد الشرف قافية منسوبة إليه فلم أتمالك ان قلت عين الله عليه وحواليه، مطلعها:

أرقت وحجري بالمدافع يشرق * وقلبي إلى شرقي رامة شيق وما زلت أحمى بالتصبر مهجة * يكر عليها للصبابة فيلق خليلي هل لي بالعذيبة رجعة * وان لم يعاودني الصبا المتأنق وهل لي بأطراف الوصال تماسك * وهل انا من داء التفرق مفرق بحيث الصبا فينان أخضر مورق * يغازلني والعيش صاف مورق وكم قد مضى ليل على أبرق الحمى * يضئ ويوم بالمشرق يشرق تسرقت فيه اللهو أملس ناعما * وأطيب انس المرء ما يتسرق ويا حسن طيف قد تعرض موهنا * وقلب الدجى من صولة الصبح يخفق تنسمت رياه قبيل وروده * وما خلته يحنو على ويشفق.(12). وله قصيدة في مدح النبي محمد ص.

لله روضٌ به المختار يُسعدنا * بالكوثر العذب فياضٌ وزخّار وجنة الخلد زُفت عند روضته * قلبي لها لمدى الأيام يختار وقد جثوت بذل عند عتبته * إن الكريم لكسر القلب جبار قد مسني مِن أليم البين يا أملي * وطال في الصدّ أزمانٌ وأعمار فارفُق بقلبي وحاشا أن أضام إذا * كان الشفيع هو المختار والجار وانظر إليّ بعطف منك يسعفني * فالغيث منك لقلب الصب مدرار عليك مني سلام ملؤه شجن * ما غردت في سماء العشق أطيار والآل وصحبه مني مهجةً صُرفت * للود والشوق هم في الدين أقمار.(13)(14)(15)

أولاده حسين تاج الدين , وشرف الدين أبى محمد العالم المحدث النقيب ببلخ(بالاتفاق)(16)(17)(18) ومنهم: الحسن ابى يعلى وابى الحسن ابنا القاسم بن علي بن شرف الدين بن علي الفقيه (19) ومنهم علي نقيب طخارستان بن حسين تاج الدين بن علي بن ابي طالب (20) له عقب باق في طخارستان ومنهم تاج الدين بن الحسن ابى يعلى(أبوالفوارس) بن القاسم مجدالدين بن علي ابى محمد المغفور بن شرف الدين الحسن بن علي بن ابي طالب نقيب بلخ . هاجر الى شرق الانضول ونزل عند الاكراد قرب دياربكر وله عقب باق(21) ومنهم : أبى الحسن علي بن القاسم مجدالدين بن علي(أبوالفراس)بن

أبى محمد المغفور شرف الدين بن الأمام علي بن الحسن أبي طالب بن عبيدالله النقيب(22)" اشتهر من أحفاده الشيخ محمد الحافظ بن عبدالله القاضي بن علي بن محمد أبوالحسن بن جعفر بن أحمد بن حسن(شرف السادة) بن أحمد الحافظ بن يحيى(أبوالطيب) بن جعفر (اليارخداي) بن محمد بن القاسم(أبى يعلى) بن علي بن مجدالدين محمد بن أبى الحسن علي بن القاسم مجدالدين بن علي(أبوالفراس) بن أبى محمدالعالم المغفور شرف الدين الحسن بن علي بن أبي طالب بن عبيدالله النقيب(23)

وفاته في عام 485 هـ / 1092م توفي علي بن أبي طالب البلخي، ودفن في بلخ.(24)(25). .... مراجع (1) نقل عن أحمد بن علي المعروف بابن عنبة الأصغر مؤلف كتاب "أنساب آل أبي طالب" أنّه ذكر في كتابه المذكور أنه دخل المزار(علي بن ابي طالب) المعروف ببلخ وقرأ المكتوب على الصخرة تحت الصندوق، فوجد مكتوباً عليها النص التالي : هذا قبر ابي الحسن علي بن ابي طالب بن عبيد الله بن علي ابن الحسن بن الحسين بن جعفر بن عبيد الله بن الحسين الاصغر بن علي السجاد بن الحسين, يعني يعلم ان صاحب القبر من بني الحسين ,الذين ملك بعضهم تلك البلاد وكانوامراء في بلخ والاشتراك بين لقب صاحب المقام والامام علي والكنية والاسم واسم الاب هو الذي اوجب وجود الشبهة لدى عوام الناس. وقد صرح بذلك الكاتب بنفسه ابن عنب النسابة في كتابه (الفصول الفخرية) ما نصه:ان جملة من بني الحسين الذين كانوا امراء ونقباء وملوك في بلخ ومنهم المدفون في قرية(خيران) من ضواحي بلخ والمعروف حاليا (بالمزار الشريف) والذي ينسب الى الامام علي وكان يعني (صاحب القبر) عالما فاضلا نقيب العلويين في بلخ ويسمى (امير المؤمنين ابو الحسن علي بن ابي طالب بن عبيد الله) انتهى كلامه (2)الجامع لصلة الأرحام في نسب السادة الكرام من الإمامين الحسن والحسين (مجلدات اربعة) إعداد: احمد وفقي بن محمد ياسين المحاسب بالجهاز المركزي للمحاسبات بمصر مراجعة وتحقيق: الدكتور عبد الفتاح أبو سنة عضو المجلس العلمى للشؤون الإسلامية،ج2،ص65 (3)عمدة الطالب في أنساب آل أبى طالب تأليف: جمال الدين أحمد بن علي الحسيني المعروف بابن عنبة المتوفى سنة 828 هجرية الطبعة الثانية 1380هـ - مادة ذرية جعفر الحجة (4)فخرالدين الرازي , الشجرة المباركة, المادة ذرية جعفر الحجة (5)المقبلي ، العلم الشامخ ، ص13 Alfa encyclopédie, n° 3, du 18 octobre 1967 (Paris).(6) Jacques Cornet : « Afghanistan, Royaume d'Asie centrale » (Villeubranne, 1969)(7) (8)المختصر الكافي في تاريخ بلخ وهذه المخطوطة مؤلفة باللغة الفارسية،موجودة في مركز جمعة الماجد بدبي ،عدد األوراق:74، رقم المادة: 1602161)؛حاجي خليفة:كشف الظنون،)4/96.) (9)رسالة (علي بن أبي طالب البلخي: دفين مزار الشريف) للدكتور حسين علي محفوظ 2000.، ص 11 ابن عنبة الحسني ، كتاب الفصول الفخرية ، ص35 (10)ابن عنبة الحسني ، كتاب الفصول الفخرية ، ص 35 (11)أصول التاريخ والأدب ، مصطفى جواد ، مخطوط المجمع العلمي العراقي ، المجلد 34 ، ص 431 (12)كتاب "قلائد الشرف" نصوص من كتاب ضائع، أبي عامر الجرجاني ، ص 231 وانظر موقع الموسوعة الشعرية (13)الباخرزي:دمية القصر وعصرة أهل العصر،)169-1/166)؛الصريفيين:المنتخب من السياق،)71)؛الصفدي: تاريخه)19-4/10 ناجي معروف:عروبة العلماء المنسوبين الى البلدان األعجمية،)1/117 (14)رسالة (علي بن أبي طالب البلخي: دفين مزار الشريف) 2000.، ص 12 (15)ابن عنبة الحسني ، كتاب الفصول الفخرية ، ص 42 (16) الفخري في أنساب الطالبين" للقاضي إسماعيل المروزي الأزورقاني المتوفي 614 ه .قال ولعلي بن أبي طالب"شرف الدين الحسن أبومحمدالعالم المحدث"والحسين تاج الدين (17) ذكرهم فخرالدين الرازي في الشجرة المباركة , ولد علي الفقيه بن ابي طالب :شرف الدين أبى محمد الحسن النقيب ببلخ والحسين تاج الدين . (18)البيهقي في لباب الأنساب في نقباء بلخ"ولد علي بن ابوطالب " الحسين تاج الدين وشرف الدين الحسن وأمهما فاطمة بنت السيد محمد بن عبدالله. (19) فخرالدين الدين الرازي المتوفي 606 ه في المشجرة المباركة , المادة ذرية جعفر الحجة (20) البيهقي في لباب الأنساب في نقباء بلخ"ولد علي بن ابوطالب (21) ذكرته سجلات .السنالمة في الارشيف العثماني .اسطنبول (22) البيهقي في لباب الأنساب المادة نقباء بلخ"أحفاد علي بن الحسن أبوطالب. (23) وثيقة مصدقة بحوزة أحفاده "واخرى محررة بخط السيد حسين بن حسن بن علي أحد أحفاده. (24)رسالة (علي بن أبي طالب البلخي: دفين مزار الشريف) للدكتور حسين علي محفوظ 2000.ص10 (25)أصول التاريخ والأدب ، مصطفى جواد ، مخطوط المجمع العلمي العراقي ، المجلد 34 ، ص 434